

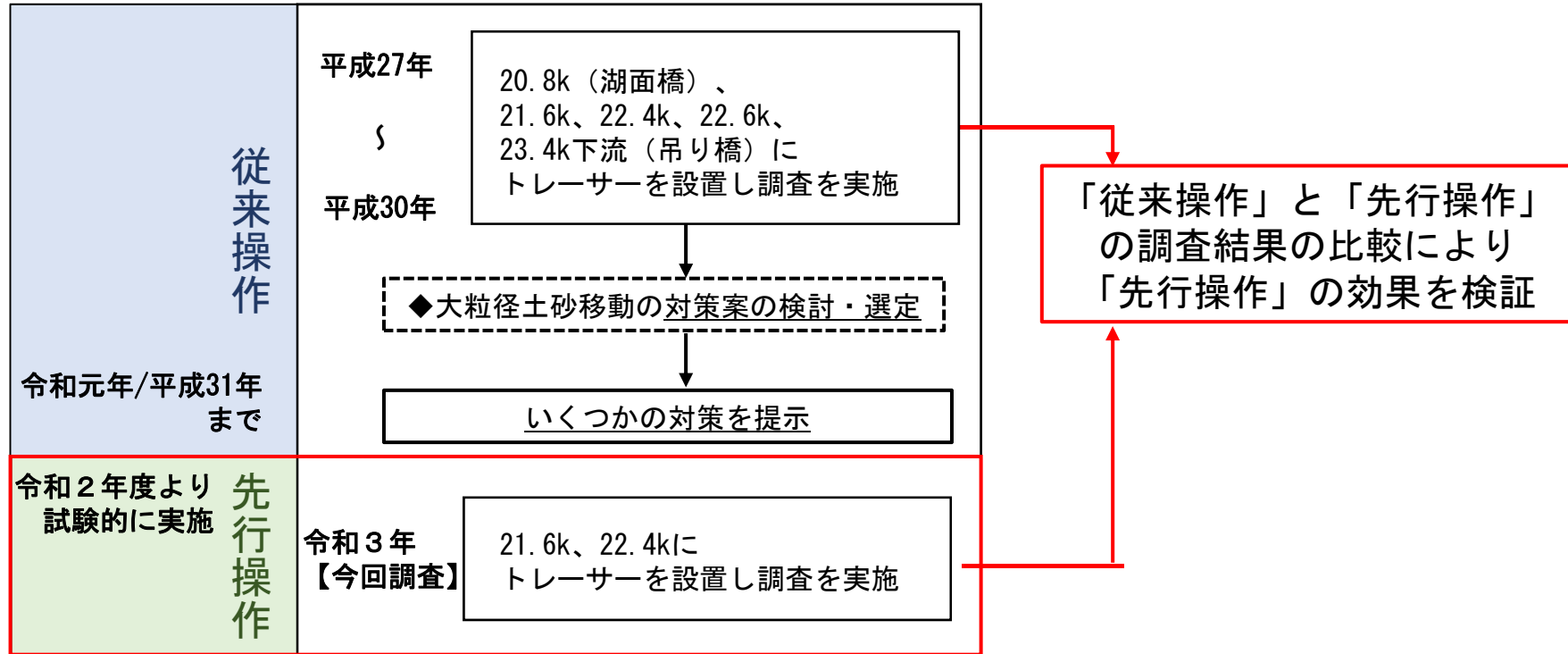
令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について

調査の目的

令和3年度の排砂を対象に、既往（平成27年～平成30年）に実施した調査と同様の大粒径土砂の移動調査を実施。既往調査を「従来操作」の調査結果とし、本調査結果と比較することで、「先行操作」の効果を検証する。

大粒径土砂移動調査



◆トレーサー：発信器を埋め込んだ礫

発信器

高出力タイプ：電池寿命約1ヶ月、通信距離約40m
 40～50cmの粒径の礫に使用

標準タイプ：電池寿命約2ヶ月、通信距離約10m
 10～30cmの粒径の礫に使用



発信器



トレーサー（発信器を埋め込んだ礫）の例



貯水池内の探索状況

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について

調査内容

◆調査の概要

トレーサー（発信器を埋め込んだ礫）を用いて、排砂時における大粒径土砂の移動を追跡する調査を実施した。

◆トレーサーの設置位置

既往調査では、20.8k~23.4kを行っており、排砂設備を通過したのは20.8k~22.4kである。ただし、20.8kはダム直上であるため、設置は21.6k~22.4kを対象に行った。

表-1 トレーサーの設置状況

測線	横断位置	粒径 (cm)	トレーサー NO	測線	横断位置	粒径 (cm)	トレーサー NO	
21.6k (B)	B-1	40	B40-1	22.4k (C)	C-1	10	C10-1	
			B40-2				C10-2	
		50	B50-1			C20-1		
			B50-2			C20-2		
21.6k			計 4 個			C-2	10	C10-3
			22.4k (中央部)		計 8 個			C10-4
					22.4k (右岸)		計 8 個	C20-3
					C30-3			
トレーサー設置 計 20 個							40	C40-2
						50	C50-1	
							C50-2	

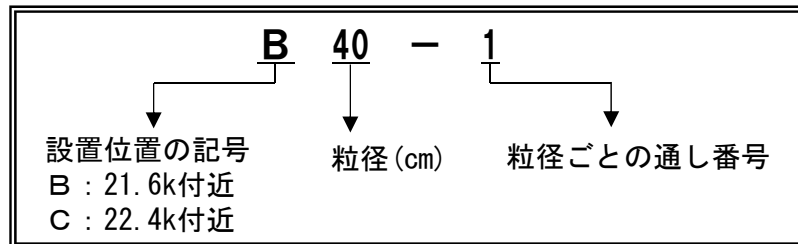


図-1 ナンバリングのルール

◆トレーサーの設置状況

表-1および図-3にトレーサーの設置状況および設置位置を示す。また、トレーサーは図-1のルールでナンバリングを行った。

◆調査工程

図-2に調査工程を示す。

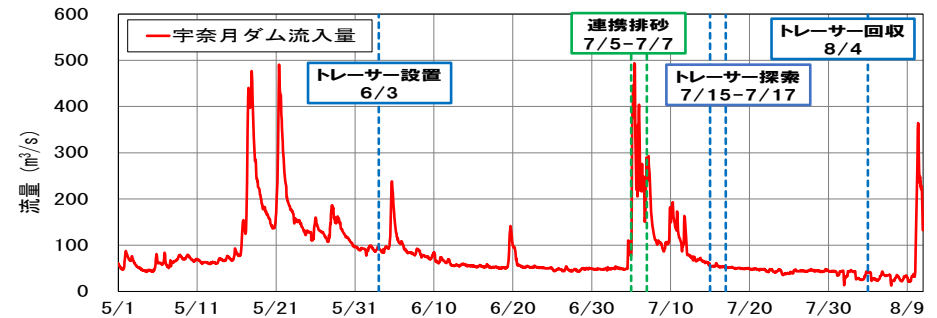


図-2 調査工程

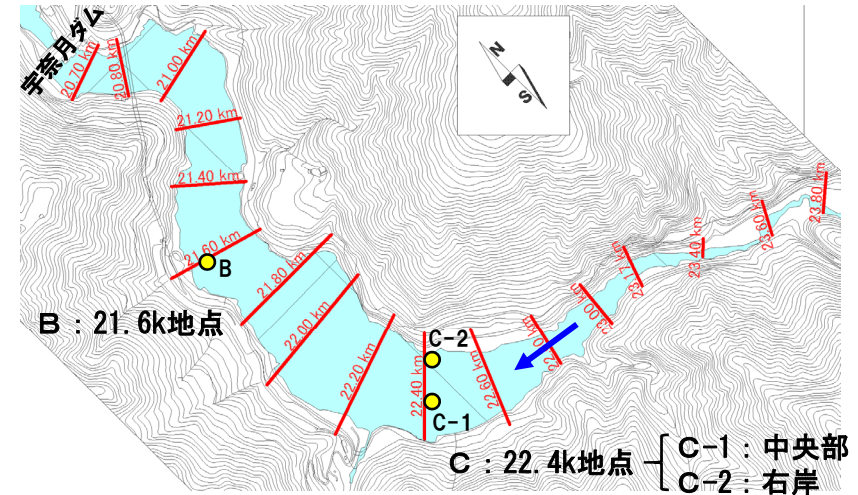
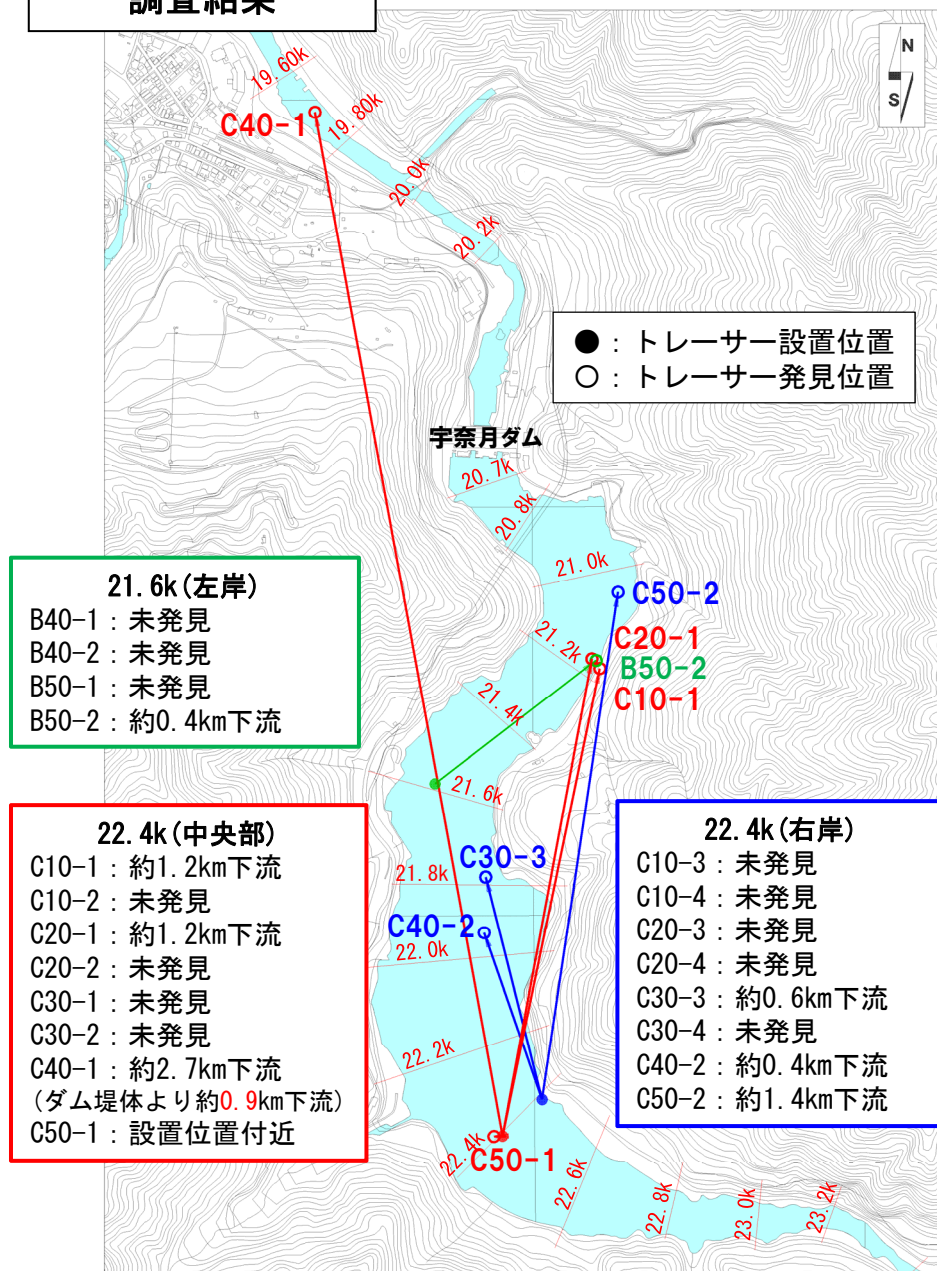


図-3 トレーサーの設置位置

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

調査結果



トレーサーの設置位置および発見位置を図-4に示す。
設置した全20個のうち、8個のトレーサーが発見された。

◆調査結果

・ 21.6k地点
50cmのトレーサーが、設置位置から約0.4km下流で発見された。

・ 22.4k地点（中央部）
50cmのトレーサーは設置位置付近で見つかったが、40cmのトレーサーはダム堤体から約0.9km下流（移動距離約2.7km）で発見された。10～20cmのトレーサーは、流れが側壁にあたっていたとされる21.2kの右岸付近で発見された。

・ 22.4k地点（右岸）
30～50cmのトレーサーが設置位置から約0.4～1.4km下流で発見された。



◆まとめ

・ 21.6kおよび22.4kの大粒径土砂は、排砂によって下流へ移動する可能性が確認された。
・ 22.4kのトレーサーが宇奈月ダム堤体より約0.9km下流（移動距離約2.7km）まで移動した。
・ 特に、排砂時に水衝部となる21.2kの右岸付近まで大粒径土砂が流下する傾向が認められた。

図-4 トレーサーの設置位置と発見位置

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

トレーサーの移動状況の比較

平成27年度から平成30年度にかけて、および令和3年度に行われた大粒径土砂の移動調査におけるトレーサーの移動状況について表-2にまとめる。

表-2 トレーサーの探索結果一覧

	H27年度調査時	H28年度調査時	H29年度調査時	H30年度調査時		H27～H30年調査での 最大値 【従来操作】	令和3年度調査時 【先行操作】	
				1回目排砂	2回目排砂			
自然流下中の平均流入量	171 m ³ /s	186 m ³ /s	排砂中止 (参考: 7/1-7/7平均流入量 579m ³ /s)	287 m ³ /s	428 m ³ /s	189m ³ /s	7/6 2:50～13:00	
宇奈月ダム自然流下期間	7/2 7:30～12:00	6/25 20:45～6/26 4:30		6/28 10:40～22:00	7/6 21:50～7/7 9:50			
宇奈月ダム自然流下時間	4時間30分	7時間45分		11時間20分	12時間			10時間10分

設置位置	粒径	移動状況(最大移動距離)						
20.8k (湖面橋)	10cm	-	未発見	-	-	-	未発見	-
	20cm	-	未発見	-	-	-	未発見	-
	30cm	-	ダム堤体より約1300m下流 (総移動距離:約1500m)	-	-	-	ダム堤体より約1300m下流 (総移動距離:約1500m)	-
	40cm	設置位置付近	ダム堤体より約1180m下流 (総移動距離:約1380m)	-	-	-	ダム堤体より約1180m下流 (総移動距離:約1380m)	-
	50cm	設置位置付近	ダム堤体より約1110m下流 (総移動距離:約1310m)	-	-	-	ダム堤体より約1110m下流 (総移動距離:約1310m)	-
21.6k	10cm	-	-	-	-	-	-	-
	20cm	-	-	-	-	-	-	-
	30cm	-	-	-	-	-	-	-
	40cm	-	-	設置位置付近(河川状態でない)	設置位置より約170m下流	ダム堤体より約350m下流(※1) (総移動距離:約1350m)	ダム堤体より約350m下流(※1) (総移動距離:約1350m)	未発見
	50cm	-	-	設置位置付近(河川状態でない)	設置位置より約250m下流	ダム堤体より約250m下流 (総移動距離:約1250m)	ダム堤体より約250m下流 (総移動距離:約1250m)	設置位置より400m下流
22.4k (左岸)	10cm	-	設置位置より約400m下流	未発見	未発見	未発見	設置位置より約400m下流	-
	20cm	-	設置位置より約80m下流	設置位置より約20m下流	設置位置付近	設置位置付近	設置位置より約80m下流	-
	30cm	-	設置位置より約280m下流	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置より約280m下流	-
	40cm	-	設置位置付近	未発見	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	-
	50cm	-	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	-
22.4k (中央部)	10cm	-	-	-	-	-	-	設置位置より約1200m下流
	20cm	-	-	-	-	-	-	設置位置より約1200m下流
	30cm	-	-	-	-	-	-	未発見
	40cm	-	-	-	-	-	-	ダム堤体より約900m下流 (総移動距離:約2700m)
	50cm	-	-	-	-	-	-	設置位置付近
22.4k (右岸)	10cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	未発見
	20cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	未発見
	30cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	設置位置より約600m下流
	40cm	-	-	-	設置位置より約400m下流	ダム堤体より約350m下流 (総移動距離:約2150m)	ダム堤体より約350m下流 (総移動距離:約2150m)	設置位置より約400m下流
	50cm	-	-	-	未発見	設置位置より約1020m下流	設置位置より約1020m下流	設置位置より約1400m下流
22.6k	10cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近	-
	20cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近	-
	30cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近	-
	40cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近	-
	50cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近	-
23.4k下流 (吊り橋)	10cm	-	未発見	設置位置より約970m下流	-	-	設置位置より約970m下流	-
	20cm	-	未発見	設置位置より約850m下流	-	-	設置位置より約850m下流	-
	30cm	-	-	設置位置より約880m下流	-	-	設置位置より約880m下流	-
	40cm	-	-	-	-	-	-	-
	50cm	-	-	-	-	-	-	-

- は未調査を示す
※1 1回目排砂前に設置したトレーサー

最大移動距離の色分け

4 青字: 設置位置付近 ピンク字: 宇名月ダム湖内での移動 赤字: 宇名月ダム堤体を越えての移動

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

従来操作と先行操作のトレーサーの移動状況の比較

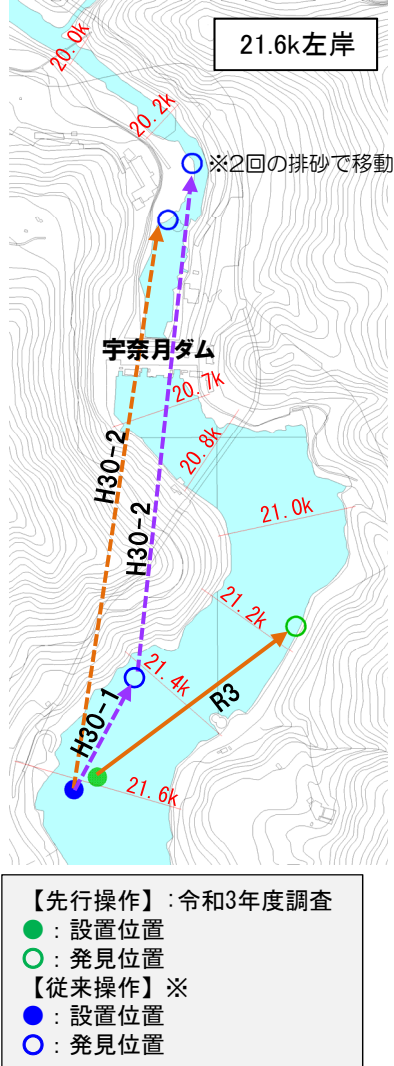


図-5 トレーサー移動状況の比較

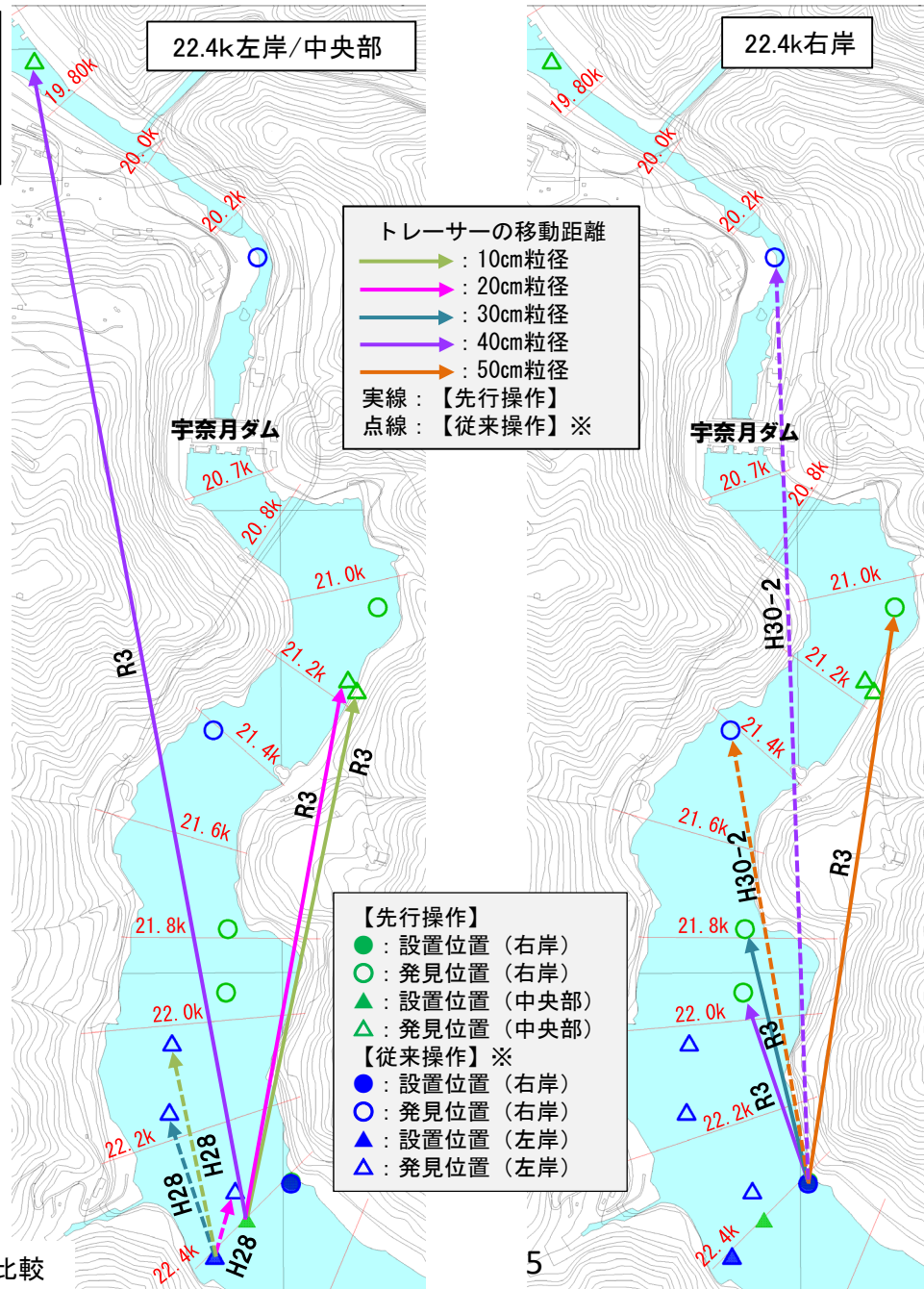


表-3 21.6k地点の移動状況の対比表

設置位置	粒径	平成27年～平成30年度調査 【従来操作】 FF中の平均流入量： 268 m ³ /s	令和3年度調査 【先行操作】 FF中の平均流入量： 189m ³ /s
		移動距離(最大移動距離)	
21.6k	10cm	-	-
	20cm	-	-
	30cm	-	-
	40cm	ダム堤体より約350m下流 (※1)(H30-1・H30-2) (総移動距離:約1350m)	未発見
	50cm	ダム堤体より約250m下流 (H30-2) (総移動距離:約1250m)	設置位置より400m下流

表中の（ ）は、最大値を示した調査年度を示す。
※1：H30年1回目排砂前に設置したトレーサーがH30年2回目排砂後に発見された。

表-4 22.4k地点の移動状況の対比表

設置位置	粒径	平成27年～平成30年度調査 【従来操作】 FF中の平均流入量： 268 m ³ /s	令和3年度調査 【先行操作】 FF中の平均流入量： 189m ³ /s
		移動距離(最大移動距離)	
22.4k (左岸)	10cm	設置位置より約400m下流 (H28)	-
	20cm	設置位置より約80m下流 (H28)	-
	30cm	設置位置より約280m下流 (H28)	-
	40cm	設置位置付近 (H28～H30)	-
	50cm	設置位置付近 (H28～H30)	-
22.4k (中央部)	10cm	-	設置位置より約1200m下流
	20cm	-	設置位置より約1200m下流
	30cm	-	未発見
	40cm	-	ダム堤体より約900m下流 (総移動距離:約2700m)
	50cm	-	設置位置付近
22.4k (右岸)	10cm	未発見 (H30)	未発見
	20cm	未発見 (H30)	未発見
	30cm	未発見 (H30)	設置位置より約600m下流
	40cm	ダム堤体より約350m下流 (H30-2) (総移動距離:約2150m)	設置位置より約400m下流
	50cm	設置位置より約1020m下流 (H30-2)	設置位置より約1400m下流

表中の（ ）内は、最大値を示した調査年度を示す。
※【従来操作】の結果は、平成27年～平成30年の調査での最大値を示す。

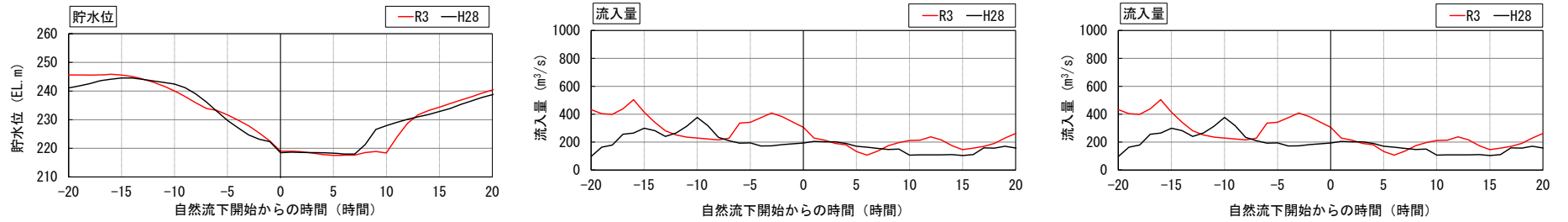
令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

掃流力の比較

従来操作（平成27年～平成30年）と先行操作（令和3年）の排砂時の運用および掃流力を比較する。掃流力が大きい排砂は、H30-2であるが、これは出し平ダム上流や黒薙川からの流量が大きかったことが要因として考えられる。

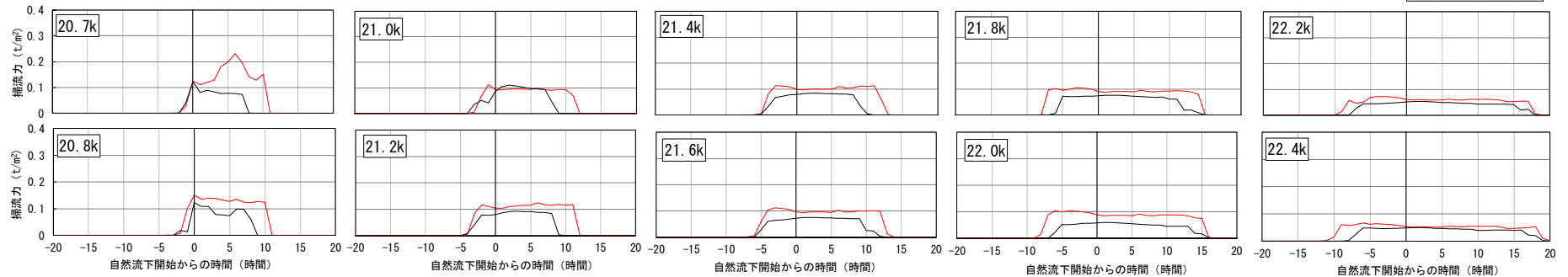
R3と流量規模が概ね同様のH28と比較すると、R03の掃流力は全体的に大きくこれは先行操作の効果と考えられる。

運用

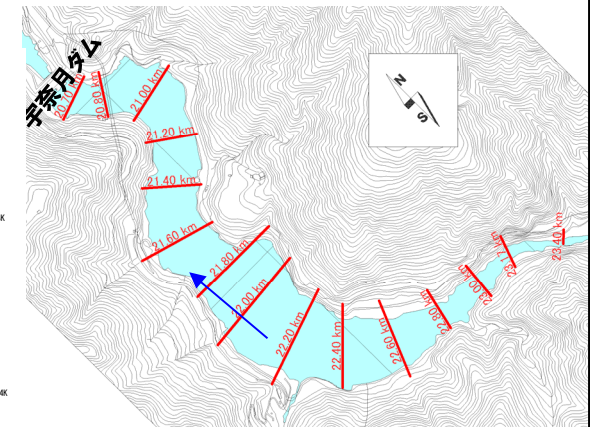
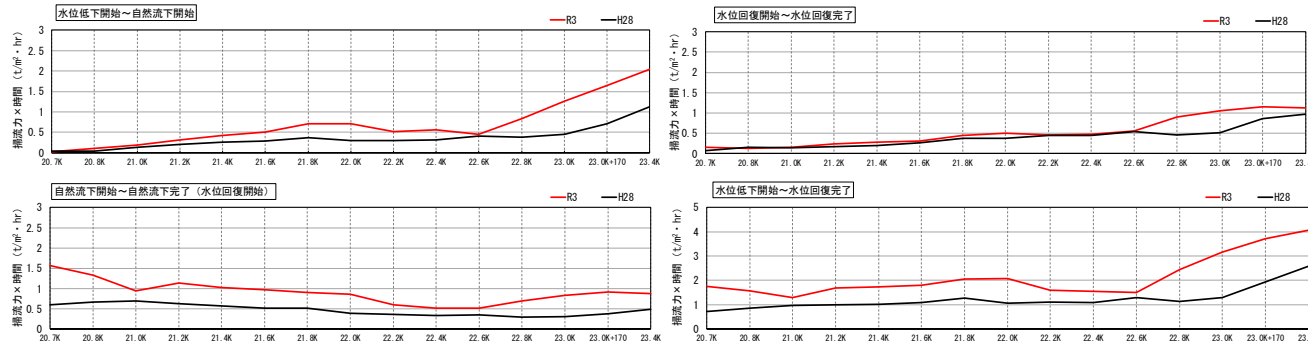


掃流力

◆断面ごとの比較



◆掃流力×時間（期間別縦断面）



令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

大粒径土砂の移動状況調査のまとめ

令和3年度実施した調査と既往調査との比較より、
先行操作の方が従来操作と比べて、トレーサーは下流へ移動することが出来る。これは、先行操作により掃流力が高まったことや、近年、排砂後の措置を約400m³/sに増量したことで移動距離が伸びたと推察。
また、今回調査では大きい粒径がダム堤体下流に移動し、大きい粒径は一度動き出すと重力と水流の力で転動し転がりやすく、遠くへ移動したものと考えられる。

- ▶ 令和3年度の調査では設置位置付近で発見されたトレーサーは1個であり、先行操作の方がトレーサーは下流へ移動することが出来るものと考えられる。
- ▶ 令和3年度は、22.4kのトレーサーが宇奈月ダム堤体より約0.9km下流（移動距離約2.7km）まで移動した。これは過去最大の移動距離であった。この要因としては、先行操作により掃流力が高まりトレーサーがダム堤体を通過したことに加え、ダム堤体より下流では排砂後の措置を約400m³/sに増量したことが相まって、移動距離が伸びたものと推察する。
- ▶ 令和3年度の22.4kに設置した粒径が40cmのトレーサーは、粒径が10～20cmのトレーサーよりも遠くへ移動した。これは小さい粒径では移動中に河床面の隙間に挟まったりすることで移動性が低下したことが考えられる。一方で、大きい粒径は、一度動き出すと重力と水流の力で転動し転がりやすく（移動しやすく）なり、このようなことが大きい粒径の方が遠くへ移動した要因と考えられる。

以上により、先行操作によって土砂の移動性が高まった可能性、土砂の移動性が変化したことが示唆された。

次年度以降、トレーサー個数を増やすなど改良し、調査を継続する。

調査の課題として、令和3年度の調査では、トレーサーが20個ある内の8個のみ確認され、多くのトレーサーは未発見であった。未発見の原因としては、電波が届く範囲外へトレーサーが移動してしまったこと。加えて、高出力タイプのトレーサーに埋め込む発信器の寿命が約1ヶ月と短く、6月初旬に設置してから排砂後の探索まで1ヶ月以上期間が経ち、信号が出されていない可能性が考えられる。

◆シミュレーションによる先行操作の効果検証との整合について

- ・大粒径土砂の移動状況調査からは、先行操作により土砂の移動性が高まった可能性が示唆された。
- ・一方で、シミュレーションによる先行操作の効果検証からは、粗い粒径が堆積する結果であった。
- ・これらは、一見矛盾が生じているように思えるが、シミュレーション結果では、粗い土砂の流出（ダム下流への移動）があり、その量は従来操作と比べ2倍に増加している。また、堆積量が比較的多いのは出し平ダムからの流出土砂量の影響と考えられる。
- ・このことから、シミュレーション結果と調査結果は整合しているといえる。

【宇奈月ダムのシミュレーション結果】

◆粗い粒径(70mm～500mmの粒径)

単位: 千m³

	流入土砂量	流出土砂量	堆積土砂量
従来操作	21	1 ↓ 増加	20
先行操作	18	2 ↓ 増加	16

※5/1(5月測量)～7/17(排砂後測量)で集計

令和3年度 大粒径土砂の移動状況調査について

◆難関突破石（宇奈月ダムより下流に流れたトレーサー）

22.4k中央部に設置した40cmの粒径のトレーサーが宇奈月ダム堤体を超えて宇奈月ダムの下流河川で7月16日に発見。
トレーサーの現物を確認できたため回収作業を行い、粉碎および加工し、「難関突破石（お守り）」としてイベントで配布。



22.4k中央部に設置した
40cmの粒径のトレーサー

宇奈月ダム堤体より下流の
19.8k付近の右岸で
トレーサーが
発見された



トレーサー
回収の様子



トレーサー
運搬の様子

粉碎・加工し、お守りを作成



B1.5×L1.5×H1.0cm

◆参考

トレーサーの状況

○21.6k (B)



B-40-1



B-40-2



B-50-1



B-50-2

○22.4k [中央部] (C-1)



C-10-1



C-10-2



C-20-1



C-20-2



C-30-1



C-30-2



C-40-1



C-50-1

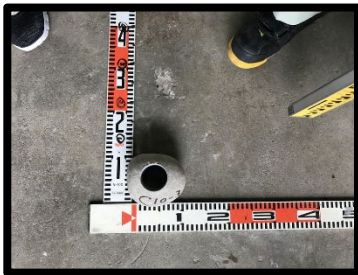
凡例

- 未発見
- 貯水池内で発見 (設置位置付近)
- 貯水池内で発見 (移動確認)
- ダム堤体より下流で発見

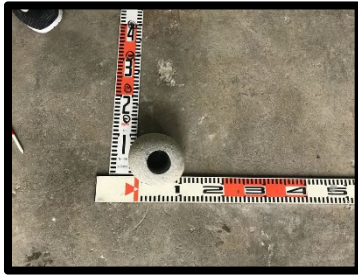
◆参考

トレーサーの状況

〇22.4k [右岸] (C-2)



C-10-3



C-10-4



C-20-3



C-20-4



C-30-3



C-30-4







C-40-2



C-50-2

凡例

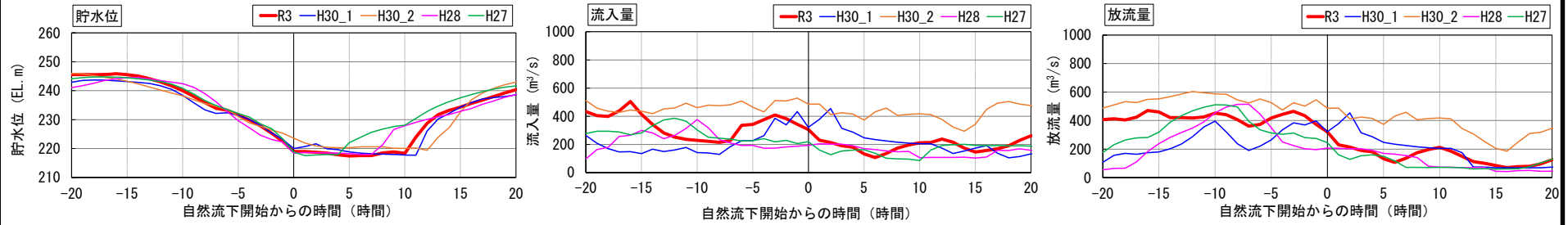
-  未発見
-  貯水池内で発見（設置位置付近）
-  貯水池内で発見（移動確認）
-  ダム堤体より下流で発見

掃流力の比較

従来操作（平成27年～平成30年）と先行操作（令和3年）の排砂時の運用および掃流力を比較する。掃流力が大きい排砂は、H30-2であるが、これは出し平ダム上流や黒薙川からの流量が大きかったことが要因として考えられる。

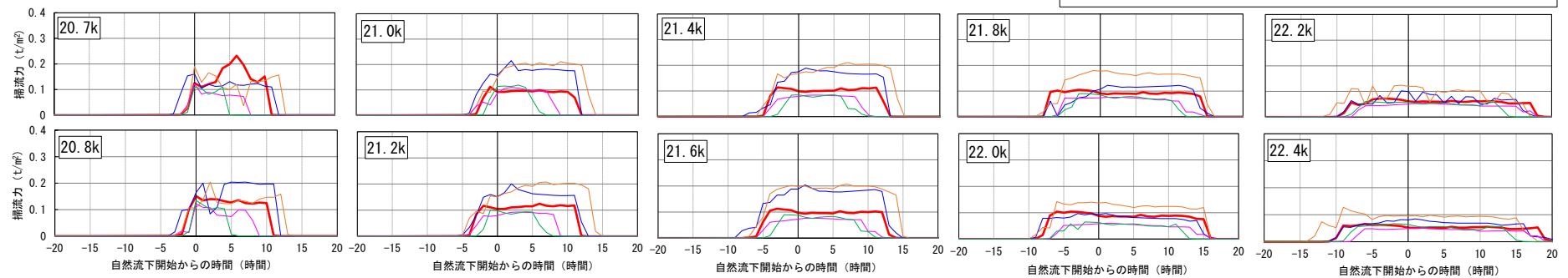
R3と流量規模が概ね同様のH28と比較すると、R03の掃流力は全体的に大きくこれは先行操作の効果と考えられる。

運用



掃流力

◆断面ごとの比較



◆掃流力×時間（期間別縦断面図）

